

Classificazione a macchina del legno strutturale

Dr.ir. J-W.G. van de Kuilen
CNR Ivalsa, San Michele a/A, (TN), Italy
Delft University of Technology, Delft, the Netherlands

Introduzione

Il legno è un materiale con una grande diversità. Cresciuto in aree diverse le sue proprietà possono essere molto diverse. Normalmente per la classificazione del legno si parla delle conifere, ma sempre di più anche delle latifoglie. Parlando delle conifere, l'abete (rosso e bianco) e anche il larice sono fra i più usati per uso strutturale, dove l'abete è usato nelle strutture come tetti e solai, ma anche come prodotto base per il legno lamellare. Il larice invece è molto usato per le finestre (dove la classificazione è importante solo in casi particolari) e per balconi (o poggiali). Il legno di larice può essere usato anche per legno lamellare, considerata la resistenza più alta e una migliore durabilità.

Per l'ingegneria strutturale di legno e per prodotti come il legno lamellare, è importante che le proprietà del materiale siano conosciute. Solo quando conosciamo il materiale, possiamo costruire con più sicurezza ma anche più spettacolare!

La necessità di usare legname di una certa qualità era già conosciuto nei tempi del rinascimento, quando le prime regole per il legno erano scritte su carta! Dopo centinaia di anni, siamo arrivati nel 2005, e ci sono regole in quasi tutti i paesi sviluppati del mondo. Solo in Europa ci sono più di venti norme nazionali con regole per la qualità del legno e in alcuni paesi esistono ancora regole regionali. Ovviamente queste regole affrontano la qualità del legno a vista. Purtroppo, la relazione tra i difetti come nodi, deviazione della fibratura e crescita non è molto favorevole, e quindi una previsione della resistenza a flessione a base dei nodi etc. non può essere molto efficiente. molto accurato.

Negli anni sessanta con il grande sviluppo industriale e la crescita del mercato dell'edilizia, si sono sviluppate le prime macchine per classificare il legno secondo la resistenza. Le macchine usano la relazione che esiste tra il modulo di elasticità e la resistenza a flessione.

La ricerca e lo sviluppo per il futuro si concentrano su macchine per la classificazione a resistenza del legname di latifoglie e su macchine per classificare legname a base all'aspetto. Per la classificazione in base all'aspetto, potrebbero essere usati principi come laser [Glos, 2004] e infrarosso.

Profili della resistenza e la classificazione

Per l'uso del legno strutturale, ci sono le classi di resistenza, scritto nella Norma Europea UNI-EN 338 (Tabella 1). Questa norma, ha due tabelle: Le classi C per conifere e pioppo, e le classi D per le latifoglie. Le classi C sono le più importanti e le più usate in Europa, anche se adesso il mercato per il legname di latifoglio sta crescendo velocemente con quercia, faggio e legname tropicale certificati.

La classificazione per la resistenza può essere realizzata a vista o a macchina, ma oggi anche con una classificazione mista vista/macchina. La terza possibilità applica dei criteri misti a vista da completare con alcune misure a macchina. La classificazione a vista, generalmente

non da grandi rese nei profili più alti. Normalmente la classe C24 della tabella della Norma UNI-EN 338 è la più alta raggiungibile. Alcune travi potrebbero essere classificate nella Classe C30, ma generalmente non sono molte.

Tabella 1. La tabella con le classi di resistenza del legno [UNI-EN 338]

Table 1. Strength classes - Characteristic values		Poplar and softwood species											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Strength properties (in N/mm ²)													
Bending	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tension parallel	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
Tension perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compression parallel	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
Compression perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
Shear	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8
Stiffness properties (in kN/mm ²)													
Mean modulus of elasticity parallel	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
5% modulus of elasticity parallel	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
Mean modulus of elasticity perpendicular	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53

Nella figura 1 sono presentati i dati di un provino di 190 travi di abete rosso della Val di Fiemme. Tre sezioni (50 x 70 mm, 70 x 110 mm e 85 x 150 mm) sono classificate a vista. Solo il 7% delle travi sono di qualità S1 quindi Classe di resistenza C30 e quasi la metà delle travi sono di qualità S3 o Classe C16. Poi, la resistenza a flessione è determinata in laboratorio. La resistenza minima era 12 N/mm²; la massima era 80 N/mm². La distribuzione è presentata nella figura 2a e b.

La figura 2b dà la percentuale della resistenza, sopra un certo livello. Per esempio: più del 50% delle travi hanno una resistenza di 40 N/mm² o più alta. La conclusione deve essere che c'è spazio per un gran miglioramento dell'uso strutturale del legno, quando troviamo parametri con una migliore relazione con la resistenza a flessione.

Classificazione visuale relativa Serie completa

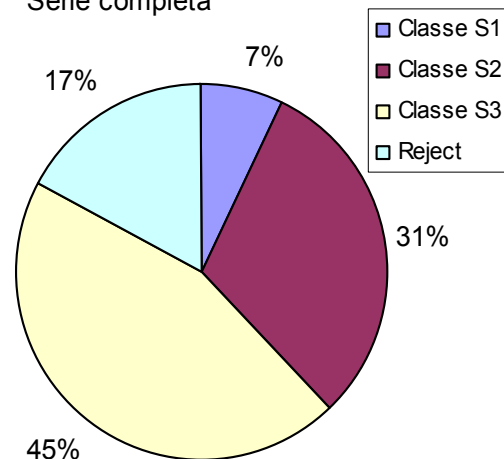


Figura 1. Classificazione a vista (Abete rosso della Val di Fiemme)

Le misure con le quali il materiale può entrare nelle classi più alte, sono per esempio la misura della densità o la misura del modulo di elasticità. La densità e il modulo di elasticità hanno una relazione migliore con la resistenza in confronto di quelli a vista (nodi, anelli, etc.).

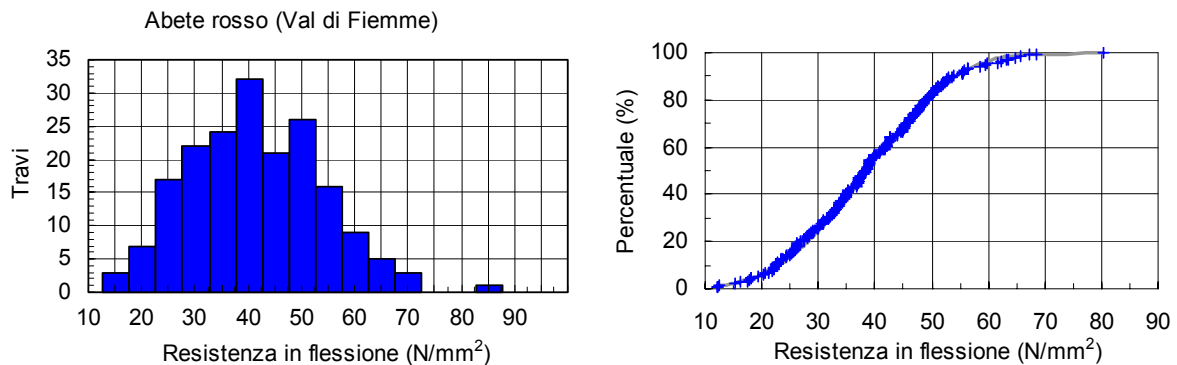


Figura 2a e b. Resistenza di 190 travi di abete rosso della Val di Fiemme

Principi delle macchine sul mercato

Oggi, le macchine sul mercato sono quasi tutti per la classificazione delle conifere in particolare per l'abete e il pino. Le macchine sviluppate negli anni cinquanta sono quasi tutte in base alla relazione fra modulo di elasticità e resistenza a flessione (il modulo di elasticità è determinato sulla base della relazione fra un carico e la conseguente deformazione). Il modulo di elasticità può essere determinato anche in un modo diverso: sulla base delle velocità di una onda nel materiale. Un analogo si trova nella velocità del suono nell'aria e nell'acqua. Nell'aria la velocità è 330 m/s, nell'acqua è 1200 m/s. Con lo stesso principio, un' onda viaggia con una velocità fra 4000 m/s a 6000 m/s nel legno e questa velocità è determinata dalla densità del materiale e dal modulo di elasticità secondo la relazione:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \Leftrightarrow E = \rho v^2 \text{ con:}$$

- v = la velocità
- E = il modulo di elasticità
- ρ = la densità

Quindi una volta che la densità del legno e la velocità della onda sono conosciute, il modulo di elasticità può essere determinato, che ha una buona relazione con la resistenza. L'onda può essere generata con ultrasuono o semplicemente con un martello e un accelerometro. Questo tipo di misure si basano sul principio fisico della vibrazione longitudinale. Una macchina a ultrasuoni è il Sylvatest dalla Svizzera, per le grandi segherie c'è lo Svedese Dynagrader che funziona con un martello e microfono (Figura 3).



Figura 3. Macchina a mano Sylvatest (ultrasuono) e industriale a martello Dynagrader

La velocità del Dynagrader arriva fino a 600 m/min. La ricerca ha rilevato che con le macchine a martello la previsione del MOE è migliore che con gli ultrasuoni perché la frequenza usata è più bassa.

Il più grande svantaggio delle macchine a base di vibrazioni è la loro difficoltà a trovare i grandi difetti come gruppi di nodi. Per questo in Germania si è sviluppata una macchina (Eurogrecomat, a flessione e raggi x. La macchina combina la relazione fra modulo di elasticità e resistenza a flessione con la relazione fra nodi e resistenza. Così, una previsione della resistenza è più precisa. Adesso, la macchina a raggi x è prodotta dall'azienda Microtec di Bressanone in Italia (Figura 4. Goldeneye, Microtec). I raggi 'vedono' i nodi nelle sezioni e la macchina può fare una classificazione considerando gruppi di nodi e la locazione dei nodi nella sezione della trave (Figura 5). Ovviamente quando si trova un nodo nella zona più caricata (quindi tensione o compressione nella applicazione come travi strutturale) la resistenza sarà minore di quando il nodo ci trova nel centro della trave (Figura 6).

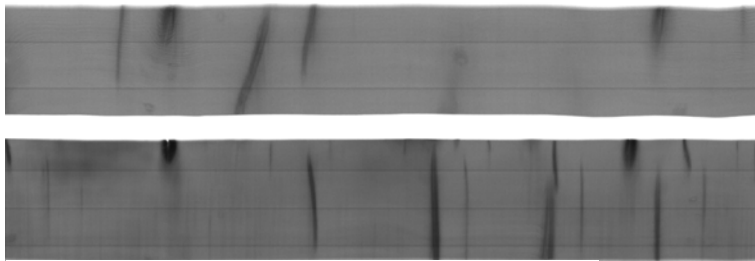


Figure 5. Due esempi di una foto presa con una macchina a raggi x



Figura 4. Macchina raggi x dalle Microtec, Bressanone.

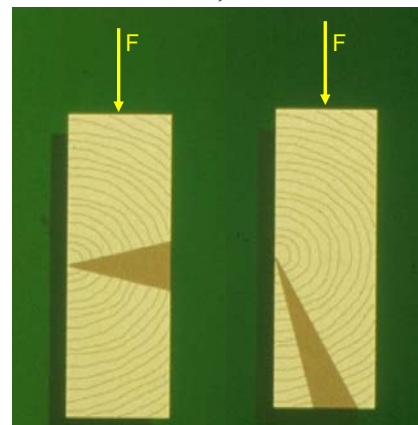


Figura 6. Locazione dei nodi nella trave

Nella Figura 7a e b, è presentato un esempio con il miglioramento della previsione, quando non solo è usato il modulo di elasticità, ma anche i nodi e la densità. In questo caso la previsione è migliorata del 10%, aumentando i numeri delle travi nelle classi più alte.

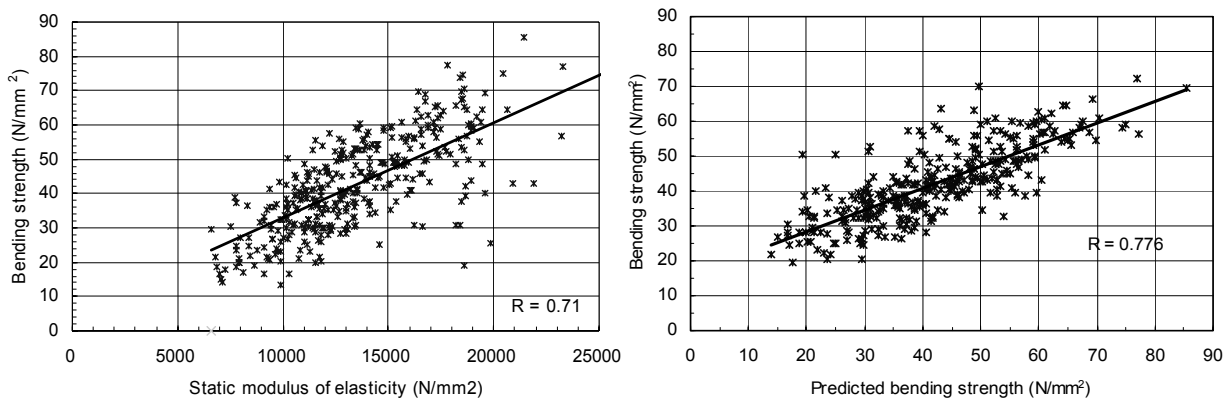


Figura 7a e b. Il miglioramento della previsione con l'incluso delle densità e nodi

Il mercato e lo sviluppo delle macchine è in continuo movimento. Le specie legnose che possono essere classificate sono in crescita. Macchine per la classificazione dell'abete o del pino, ora sono in grado di classificare più grandi sezioni o altre specie di conifere. Per esempio, l'uso di douglasia o larice è in continua crescita. Inoltre, la combinazione di vari metodi di misura come raggi x e il modulo di elasticità, da un aumento notevole nelle classi più alte.

Usando un nuovo modo di trattare le misure statisticamente, si sta sviluppando un nuovo sistema indipendente dalla specie legnosa e dalla qualità del legno. Il sistema può essere usato anche per le latifoglie europee e tropicali. Durante lo sviluppo, più di quindici specie legnose sono state esaminate, dal larice con una densità di 450 kg/m^3 , fino a specie tropicali come azobé (*lophira alata*) e massaranduba (*Manilkara bidentata*) con una densità superiore a 1000 kg/m^3 . Normalmente, quando la classe di resistenza di una specie deve essere determinata, la resistenza di, realisticamente, 160 travi, ma con un minimo assoluto di 40, deve essere determinata nel laboratorio, prima di classificare questa specie in una classe della norma UNI-EN 338. Con il nuovo sistema ne bastano solo 10, diminuendo i costi per aziende che vogliono introdurre una 'nuova' specie sul mercato. La classificazione del legno avviene (succede) sulla base delle vibrazioni longitudinali e la densità, e fare un confronto delle misure con un database compreso più di 2000 dati di più di 20 specie diverse. Il principio del trattamento è che il modulo di elasticità e la densità sono fra i parametri più importanti responsabili per la resistenza strutturale di tutte le specie legnose. Nella Figura 8° è presentata la relazione fra la resistenza a flessione ed il modulo di elasticità di 11 specie diverse e nella Figura 8b la previsione della resistenza in base alle misure in confronto con le vera resistenza in laboratorio.

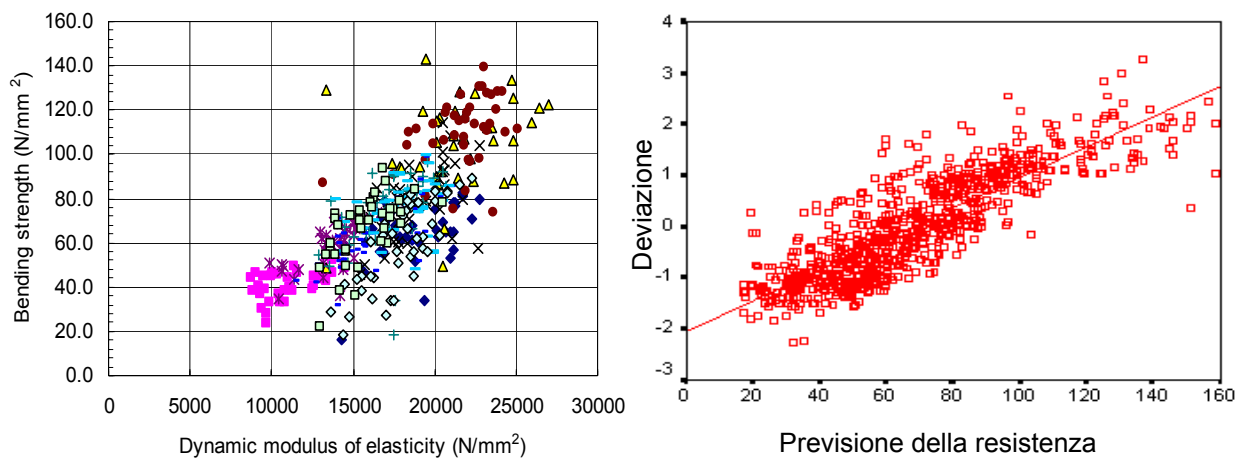


Figura 8a e b. Principio di un nuovo metodo per la classificazione a macchina, indipendente delle specie.

Lo sviluppo di questo modo di classificare è importante, perchè il mercato del legname tropicale ha un gran valore, ma normalmente la quantità del legno non è grande come quella delle conifere. In ogni caso, con prezzi fino a 1500 € al metro cubo, è importante avere a disposizione una macchina anche per l'impiego dei legnami per costruzione acquatiche.

Norme Europee

Le Norme Europee per la classificazione del legno sono due. Ora in Italia c'è in vigore la norma UNI 11035-1/2 per la classificazione secondo la resistenza a vista, e poi arriverà nei prossimi mesi la Norma Europea UNI-EN 14081-1/2. Questa norma è una norma 'armonizzata', quindi saranno incluse anche le regole obbligatorie per i controlli di qualità. Solo quando il legno è classificato, a vista o a macchina, un'azienda può stampare il marchio CE sul legno: ogni trave deve portare il marchio CE!

(Figura 9). La UNI-EN 14081 non esclude l'uso della norma 11035-1/2. Al contrario, solo quando una norma come la UNI 11035 è usata (per la classificazione a vista), il marchio CE può essere timbrato nel legno. Una certa 'autocertificazione' è prevista per quelle aziende che operano nell'area della classificazione a vista, e una 'certificazione esterna' per le aziende che operano con la classificazione a macchina.



Figura 9. Marchio obbligatorio CE

Letteratura

Glos, P. New Grading Techniques, COST - E29 symposium 27- 29 october 2004, Florence, Italy, ISBN 88-901660-1-0

UNI 11035-1 Legno strutturale - Classificazione a vista di legnami italiani secondo la resistenza meccanica: terminologia e misurazione delle caratteristiche

UNI 11035-2 Legno strutturale - Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza e valori caratteristici per tipi di legname strutturale italiani

UNI-EN 338 Legno strutturale - Classi di resistenza

UNI-EN 14081-1 Strutture di legno - Classificazione della resistenza del legno strutturale a sezione rettangolare - Parte 1: Requisiti generali (M/112)

UNI-EN 14081-2 Strutture di legno - Classificazione della resistenza del legno strutturale a sezione rettangolare - Parte 2: Macchine classificatrici - Requisiti aggiuntivi per le prove di tipo (M/112)

UNI-EN 14081-3 Strutture di legno - Classificazione della resistenza del legno strutturale a sezione rettangolare - Parte 3: Macchine classificatrici - Requisiti aggiuntivi per il controllo di produzione in fabbrica (M/112)

UNI-EN 14081-4 Timber structures - Strength graded structural timber with rectangular cross section - Part 4: Machine grading - Grading machine settings for machine controlled systems